

## 核融合原型炉の排気性能に対する中性粒子間衝突の影響 Neutral-Neutral Elastic Scattering Effect on Particle Exhaust in DEMO

徳永晋介、星野一生、朝倉伸幸、清水勝宏、日渡良爾、原型炉設計合同特別チーム  
S. Tokunaga, K. Hoshino, N. Asakura, K. Shimizu, R. Hiwatari  
and Joint Special Team for DEMO Design

原子力機構  
JAEA

核融合出力の大きい原型炉のダイバータには、強大な熱流束を処理する除熱性能と、He灰によるコア燃料希釈を防ぐ十分な排気性能の両立が要求される。原型炉の熱に対してダイバータを成立せしめるにはプラズマの完全非接触化が必要と考えられる。ダイバータ板でのリサイクリングによって発生する中性粒子の増加により促進されるダイバータプラズマの非接触構造は、磁力線に束縛されない中性粒子の挙動が本質的に重要であり、このような高リサイクリング領域においては、中性粒子同士の衝突（NNC）が分布形成に及ぼす影響を無視できない。また粒子排気量はサブダイバータ領域に設置される排気口位置での中性分子圧力に依存する。ゆえに熱処理性能と排気性能を両立する原型炉ダイバータの設計には、この領域の中性原子・分子分布に支配的影響を及ぼすNNCを考慮した幾何形状最適化が不可欠である。

本研究では、ダイバータシミュレーションコードSONIC[1]に中性粒子間の弾性散乱効果を実装し、非接触ダイバータおよび排気性能に対する効果の解析を行う。SONICは2Dモンテカルロ計算により中性粒子挙動を扱っており、前の計算結果から中性粒子背景分布を設定して弾性散乱衝突レートを考慮する手法により、プラズマ・不純物とコンシステントな中性粒子分布定常解の計算を行う。早期にNNCを実装したSOLPS、DEGAS2等では、BGK近似とChapman-Enskog理論に基づき、中性気体の輸送係数実験値から評価した断面積が用いられているが[2]、Prandtl数が実験値と一致しない[3]、1eV以上で弾性散乱断面積が過大評価となる[4]等の問題が知られている。これらの問題を避けるため、今回SONICには弾性散乱衝突断面積の理論計算データ[5]から算出した運動論的衝突レート[6]を実装した。ただしD分子-分子衝突はデータが存在しないため、H<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>データで代用する。

図1に、D-D、D-D<sub>2</sub>弾性散乱を考慮した影響

比較初期結果（外側ダイバータ近傍のD原子密度分布）を示す。NNC断面積が考慮され平均自由行程が縮小し、中性粒子ポロイダル分布が発生源であるダイバータ板付近に局在する傾向が表れている。またターゲット付近で径方向に概ね均一に存在していた中性粒子がセパトリティクス側に偏っており、完全非接触になりにくい方向へと効く可能性がある一方、排気にはプラスとなる可能性が示されている。今後、分子-分子衝突を実装した上で詳細な解析を行い、ポスターにて結果を報告する。

- [1] K. Shimizu, *et al.*, *Nucl. Fusion* **49** (2009) 065028
- [2] D. Reiter, C. May, *J. Nucl. Mater.* **241-243** (1997) 342-348
- [3] V. Kotov, *B2-EIRENE for ITER*, Juel-4257 (2007)
- [4] DEGAS2 User's Manual
- [5] P. S. Krstic, D. R. Schultz, *Atomic and Plasma-Material Data for Fusion* **8**, 1 (1998)
- [6] P. Bachmann, *et al.*, *Contrib. Plasma Phys.* **35** (1995) 1, 45-100

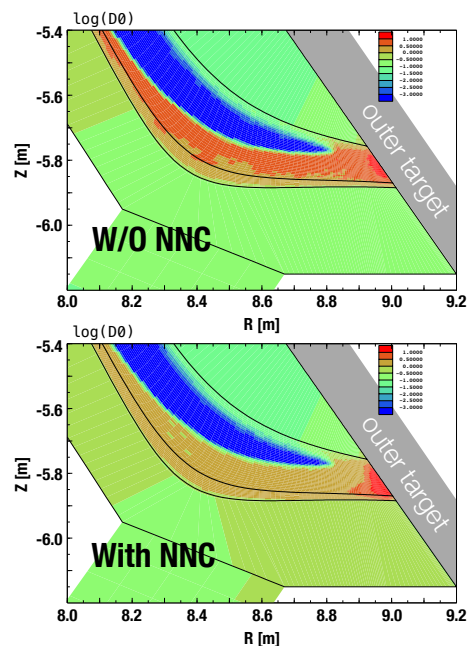


図1. D原子密度分布に対するD-D、D-D<sub>2</sub>弾性散乱の影響。(preliminary)